

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-109601

(43)Date of publication of application : 30.04.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 1/08  
G03F 7/20

(21)Application number : 03-293920

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 15.10.1991

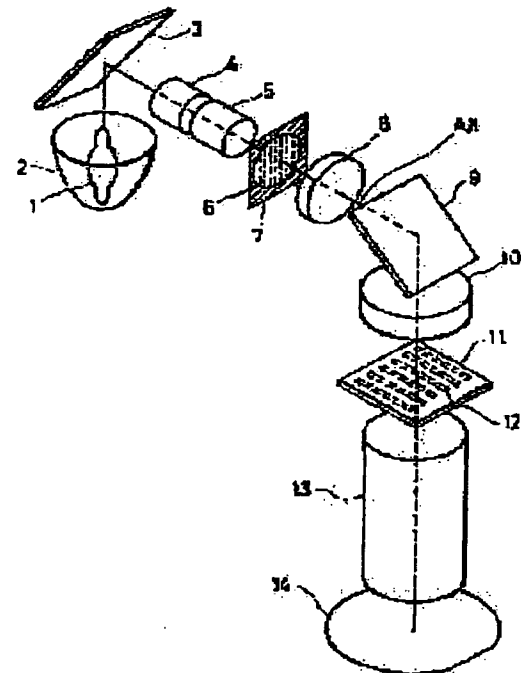
(72)Inventor : SHIRAISHI NAOMASA

## (54) ALIGNER AND EXPOSURE METHOD

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide an aligner and an exposure method wherein the image of the optical contrast of a fine pattern can be transferred.

**CONSTITUTION:** A beam of irradiation light from a light source 1 is incident on a polarization plate 6 via an oval mirror 2, a mirror 3, a condenser lens 4 and an optical integrator 5. The polarization plate 6 is supported by a support utensil 7; it can be turned around an optical axis Ax or an axis which is parallel to it; the polarization direction of a transmitted light flux can be set arbitrarily. The beam of irradiation light is converted into a beam of linearly polarized light which is vibrated in a direction parallel to the lengthwise direction of a line-and-space pattern on a photomask 11; it is guided to a condenser lens 8 and a mirror 9; a pattern 12 on the rear surface of the mask 11 is irradiated. A beam of transmitted and diffracted light from the mask 11 is condensed by means of a projection optical system 13; the image of the pattern 12 is formed on a wafer 14.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.12.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-109601

(43)公開日 平成5年(1993)4月30日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 L 21/027

G 0 3 F 1/08

7/20

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 7369-2H

5 2 1 7818-2H

7352-4M

7352-4M

H 0 1 L 21/ 30

3 1 1 L

3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数4(全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平3-293920

(22)出願日

平成3年(1991)10月15日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 白石 直正

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式  
会社ニコン大井製作所内

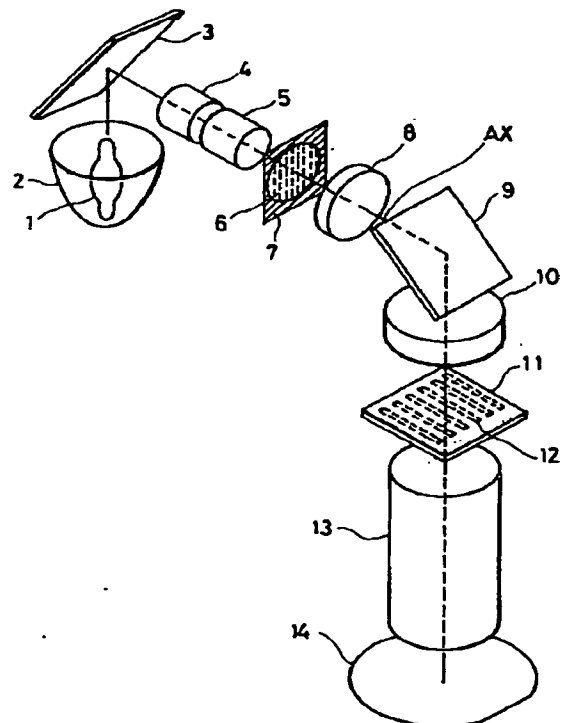
(74)代理人 弁理士 佐藤 正年 (外1名)

(54)【発明の名称】 露光装置及び露光方法

(57)【要約】

【目的】 微細パターンの光コントラストの像を転写できる露光装置及び露光方法を提供する。

【構成】 光源1からの照明光は、楕円鏡2、ミラー3、集光レンズ4、オプティカルインテグレーター5を介して偏光板6に入射する。偏光板6は支持具7により支持され、光軸Axあるいはそれと平行な軸を中心として回転可能になっており、透過光束の偏光方向を任意に設定できる。照明光は偏光板6によって、フォトマスク11のラインアンドスペースパターンの長手方向と平行な方向に振動する直線偏光に変換され、コンデンサーレンズ8、9、ミラー9に導かれてマスク11下面のパターン12を照明する。マスク11からの透過、回折光は投影光学系13によって集光結像され、ウエハ14上にマスクパターン12の像を結ぶ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトマスクを照明する照明光学系を有する露光装置において、前記フォトマスクへの照明光束の偏光状態を制御する偏光部材を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記偏光部材は1/2波長板または1/4波長板により構成されることを特徴とする請求項1の露光装置。

【請求項3】 フォトマスクを照明することにより、前記フォトマスクに形成されたパターンを感応基板上に転写する露光方法において、前記フォトマスクへの照明光の偏光状態を、前記パターンに応じて制御することを特徴とする露光方法。

【請求項4】 前記フォトマスクとして、光透過部と該光透過部に透過光の位相を変化させる位相部材が付加された位相シフト部とからなるパターンを有する位相シフトマスクを用いることを特徴とする露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体集積回路パターン等の微細パターンの露光転写技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路パターン等の微細パターンをレジストが塗布されたウエハ等の感応基板上に露光転写するためには、従来、フォトマスク（レチクルとも言う）を透過照明して、ウエハ面にマスクパターンを投影する方法が行われてきた。この際、従来の露光方法では、照明光の偏光状態を積極的に制御するという事は行われておらず、干渉性の強いレーザ光源を使用する場合に、スペックルを低減する目的で直線偏光を円偏光やランダム偏光に変換するといことがなされている程度であった。

【0003】また、最近では、フォトマスクと感応基板（ウエハ等）の間に投影光学系を介在させ、マスクパターンをウエハ面に結像投影（特に縮小投影）する方法が一般的となっているが、この場合も照明光の偏光状態をパターンに応じて積極的に制御するといことは行われていない。

【0004】一方、微細パターンの転写に適したフォトマスクとして、光透過部の一部に透過光の位相を変化させる位相部材を付加した位相シフトマスクが知られている。この位相シフトマスクを使用すると、一般的な露光装置であっても解像度や焦点深度が向上する。

【0005】例えば、投影露光装置を使用し、投影光学系のウエハ側開口数が $NA_w$ 、露光波長が $\lambda$ であるとすると、位相シフトマスクにより原理的には $0.5\lambda/NA_w$ の微細なピッチのパターンまで解像可能であるとされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような投影露光装置と位相シフトマスクを用いたとしても、実際の解像度（実際にレジストパターンを分離する解像度）は、原理上の解像度程高くない。

【0007】この原因の1つとしては、ウエハ面に塗布されるレジストには厚みがあるため、レジスト層を解像するには最低限その厚み分だけの焦点深度が必要なが挙げられ、この点については種々の検討がなされている。

【0008】しかし、従来の露光装置では、上記の焦点深度の問題の他に、照明光の偏光状態が不適当（詳細後述）であるために像のコントラストが低下するという本質的な問題がある。特に開口数（ $NA$ ）の大きな投影露光装置、或いはコンタクト型、またはプロキシミティー型の装置ではこの問題はきわめて重大となる。

【0009】この発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、これまで検討されてこなかった照明光の偏光状態に着眼することによって、微細パターンの高コントラストの像を得ることのできる露光装置及び露光方法を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明による露光装置は、フォトマスクを照明するための照明光学系を有し、上記の課題を達成するために、前記フォトマスクへの照明光束の偏光状態を制御する偏光部材を備えたものである。

【0011】また、請求項3の発明による露光方法は、フォトマスクを照明することにより、フォトマスクに形成されたパターンを感応基板上に露光転写するに際して、上記の課題を達成するために、前記フォトマスクへの照明光の偏光状態を、前記パターンに応じて制御するものである。

【0012】

【作用】図3を参照して、本発明の作用を説明する。図3(A)は、一次元方向に並んだラインアンドスペースパターンを有するマスクの平面図であり、図3(B)は(A)のマスクに対してほぼ垂直に照明光 $L_1$ が入射し、かつ投影光学系13によってその像がウエハ14に結像される様子を示す光路図である。

【0013】ここで、図3(A)に示されたマスク11は、透過光の位相を $(2m+1)\pi$ （ $m$ は整数）だけ変化させる位相部材12aが一定のピッチで配列された空間周波数変調型の位相シフトマスク（例えば特公昭62-50811号公報に開示されている）あるとすると、位相部材12aの被着部と非被着部をそれぞれ透過した零次回折光同志は相殺されるので、図3(B)においてマスクパターン12より発生する回折光は主として+1次回折光 $D_+$ と-1次回折光 $D_-$ になる。これら2光束は投影光学系13により集光されウエハ14に至り、ここに干渉縞を形成する。この干渉縞が図3(C)、(D)に示

すマスクパターン12の像15a、15b（図では強度分布として示されている）である。

【0014】このとき照明光Liの偏光方向について考える。図3(C)は照明光Liの偏光方向（電場ベクトルの向き）が紙面に垂直、即ちパターン12の長手方向と平行である場合（いわゆるS偏光）の結像の様子を示す概念図である。この場合、フォトマスクのパターン面から発生する各回折光（±1次回折光D<sub>p</sub>、D<sub>s</sub>）の偏光方向もやはり紙面に垂直となる。ウエハ14上においては、この2本の回折光D<sub>p</sub>、D<sub>s</sub>が振幅加算（コヒーレンス加算）される。

【0015】図3(C)では+1次光D<sub>p</sub>、-1次光D<sub>s</sub>の電場ベクトルの向きは平行であるため、両者の向きが等しく、かつ大きさを1とすれば、その和の大きさは2、向きが逆であれば、その和の大きさは0となる。従って、ウエハ上では強度として、4（=|2|<sup>2</sup>あるいは|-2|<sup>2</sup>）の最大値と、0（=|0|<sup>2</sup>）の最小値からなるコントラスト100%の像15aが形成されることになる。

【0016】一方、図3(D)は照明光Liの偏光方向が紙面に平行な場合（P偏光）であって、従って±1次回折光D<sub>p</sub>、D<sub>s</sub>の偏光面も紙面に平行である。この場合にもウエハ14上において、±1次回折光D<sub>p</sub>、D<sub>s</sub>は振幅加算されるが、両者の偏光方向が平行でないため（入射角θの倍だけ平行からずれる）、S偏光による結像の場合（図3(C)）とは異なった干渉を起こす。図3(D)における振幅和の絶対値の最大は2cosθ、最小は2sinθとなる。

【0017】従って、強度の最大は4cos<sup>2</sup>θ、最小は4sin<sup>2</sup>θとなり、図3(C)の場合よりコントラストの低い干渉縞15bが生じる。例えば、ウエハ14面への入射角θが30°であれば、最大強度は4×(3<sup>1/2</sup>/2)<sup>2</sup>=3、最小強度は4×(0.5)<sup>2</sup>=1となり、コントラストは(3-1)/(3+1)=50%しかない。

【0018】実際の露光においては、フォトレジスト中の光量が問題となり、レジスト中の±1次回折光D<sub>p</sub>、D<sub>s</sub>の傾きθ'は、sinθ'=sinθ/n（nはレジストの屈折率）となるので、レジストの屈折率nが1.6であれば、sinθ'=0.3125、cosθ'=0.9499（入射角θ=30°）となる。このとき、強度の最大は4×cos<sup>2</sup>θ'=3.609、最小は4×sin<sup>2</sup>θ'=0.391であり、コントラストは、(3.609-0.391)/(3.609+0.391)=80%である。

【0019】一方、図3(C)のS偏光による結像の場合、当然レジスト中においても像のコントラストは100%である。

【0020】従って、マスクに形成されたパターンがラインアンドスペースパターンのとき、パターンの長手方

向と平行な方向に照明光の偏光方向（電場ベクトル）を描えることで、より高い像コントラストが得られることになる。従来使用されている露光装置では、S偏光とP偏光の平均状態で結像されるが、照明光をパターンに応じて制御することで、像のコントラストを向上させることが可能となる。

【0021】図3ではフォトマスクとして位置シフトマスクを使用した、クロム等からなる遮光部材だけでパターン形成された通常マスクであっても上述した作用は同様であり、照明光の偏光方向をパターンの長手方向と平行な方向に揃えることで、像のコントラストが高まる。また、投影光学系による結像投影を行なう場合だけでなく、プロキシミティー方式の露光装置であっても同様にコントラストの向上が図られる。

【0022】そして、照明光の偏光方向を制御することによる効果は、どのような形式の露光装置であっても、ウエハ上に転写すべきパターンが微細である程大きい。このことは、例えば図3の例において図中のθがパターンの微細化と共に大きくなり、P偏光による結像では、θ（実際にはθ'）が45°になると、sin<sup>2</sup>θ=cos<sup>2</sup>θとなってコントラストが0となることを考えれば明白である。

【0023】なお、投影露光装置においてS偏光による結像を行なうためには、投影光学系のフーリエ変換面に偏光部材を配置してマスクを透過した光の偏光状態を制御することも考えられるが、照明光がS偏光とP偏光の平均状態である場合、偏光部材は照明光の1/2の光量を吸収することになり、偏光部材の吸熱による結像性能への影響が問題となる。このため、本発明ではマスク透過後の光束ではなく、照明光の偏光状態を制御するものとしている。

【0024】

【実施例】図1は本発明の実施例による露光装置の構成図であり、本実施例では照明光学系中に偏光板6を設けている。図において、水銀ランプ等の光源1より放射された照明光は楕円鏡2、ミラー3、集光レンズ4、オブチカルインテグレーター5を介して、偏光板6に入射する。この偏光板6は支持具7により支持され、かつ、光軸Axあるいは、それと平行な軸を中心として回転可能となっている。この回転は支持具7上に設けられたモーター（不図示）等により行なう。従って偏光板6を透過する照明光束は、この偏光板6の回転方向に応じた偏光方向（直線偏光）の光束となる。

【0025】偏光板6を通過した光束は、コンデンサーレンズ8、10、ミラー9に導かれてフォトマスク（レチクル）11上の（下面の）パターン12を照明する。フォトマスク11からの透過、回折光は投影光学系13により集光、結像され、ウエハ14にマスクパターン12の像を結ぶ。この際、図1中のミラー9が照明光の振動方向に対して垂直又は平行となる位置からずれると、

直線偏光が楕円偏光に変換されることになるので、この点に留意する必要がある。

【0026】ここで、マスクパターン12は図示の如く、1次元のラインアンドスペースパターンとした。実際の半導体集積回路パターンにおいては、すべてのパターンが一次元ラインアンドスペースパターンで、かつ方向性も等しいということはないが、例えばメモリー回路の場合、微細なパターンはほぼ一次元のラインアンドスペースパターンであり、かつその方向性も1枚のマスク中においてはほぼ等しいものである。また、一次元ラインアンドスペースパターン以外のパターンの寸法は、ラインアンドスペースパターンに比べて大きくなっている。

【0027】従って、偏光板6によって照明光の偏光方向をマスクパターン12の長手方向と平行に揃えることにより、微細なラインアンドスペースパターン像のコントラストを向上することができ、集積回路の微細化が可能になる。微細な一次元ラインアンドスペースパターン以外では、パターンの微細度が比較的ゆるいため、パターンに対して照明光の偏光が正確に最適化されていなくても、生じるコントラストの低下はわずかである。

【0028】ここで、図1においては、光源1は水銀ランプとしたが、他のランプやレーザー光源であっても良い。特に光源が直線偏光または円偏光を射出するレーザーである場合は、偏光状態を制御するための部材として1/2波長板や1/4波長板を用いることができる。

【0029】図2(A)は光源としてレーザーを用いる場合の偏光部材の例を示す説明図である。図において、直線偏光(偏光方向は紙面上下方向)である入射光 $L_0$ (光源からの光束)は、1/2波長板6aに入射する。このとき1/2波長板6aの基準軸方向(図中2点鎖線)と、入射光 $L_0$ の偏光方向が $\theta$ だけ傾いているものとする。この結果、射出光 $L_1$ の偏光方向は、入射光 $L_0$ の偏光方向に対して $2\theta$ だけ傾いたものとなる。従って、保持具7により1/2波長板6aを照明光に垂直な面内で回転することにより、射出光 $L_1$ の偏光方向を任意の方向に設定することができる。

【0030】なお、1/2波長板6aの基準軸は、図2(B)に示される如く、基準軸(2点鎖線)に平行な偏光方向の透過光に対しては、 $l_1 = m\lambda + \alpha$ の光路長差を与え、垂直な偏光方向の透過光に対しては、 $l_2 = m\lambda + \alpha + \lambda/2 = l_1 + \lambda/2$ の光路長を与える軸とした。

【0031】光源から放射される光が直線偏光でなく円偏光である場合は、1/2波長板の代わりに1/4波長板を使うことにより、図2で説明したと同様に射出光の偏光方向を制御することができる。この場合、射出

される光束は、1/4波長板の回転位置方向に応じた直線偏光となる。

【0032】上記のように、光源として直線偏光または円偏光を射出するレーザーを用い、偏光部材として1/2波長板や1/4波長板を用いれば、光源からの光量を損失することなく偏光方向を最適な方向に変換してマスクに導くことができる。これに対し、光源としてランプを用いた場合(非偏光状態の光が光源から放射される場合)、偏光部材通過後の光量は原理的に半分になってしまうので、この点に留意する必要がある。

【0033】なお、偏光部材として1/4波長板、1/2波長板を使用する場合、入射光束は平行光束に近いことが望ましい。従って、1/4波長板、1/2波長板は図1中のオプティカルインテグレーター5射出後でなく、例えばリレーレンズ4より光源(レーザー光源)側に設定することが好ましい。この配置は、水銀ランプ等の光源を用いる場合に対して適用してもかまわない。

【0034】

【発明の効果】以上のように本発明においては、マスクパターン、特に微細な一次元ラインアンドスペースパターンに応じて照明光の偏光状態を制御するので、パターン形成面からの回折光の干渉性が高まり、感応基板上に極めて高いコントラストの微細パターンの像を転写することが可能となる。この際、位相シフトマスクを使用すれば、一層像のコントラストを高めることができる。また、照明光の偏光状態を制御するに際して、偏光部材として1/2または1/4波長板を使用し、光源としてレーザーを使用すれば照明光量を損失することもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例による露光装置の構成図である。

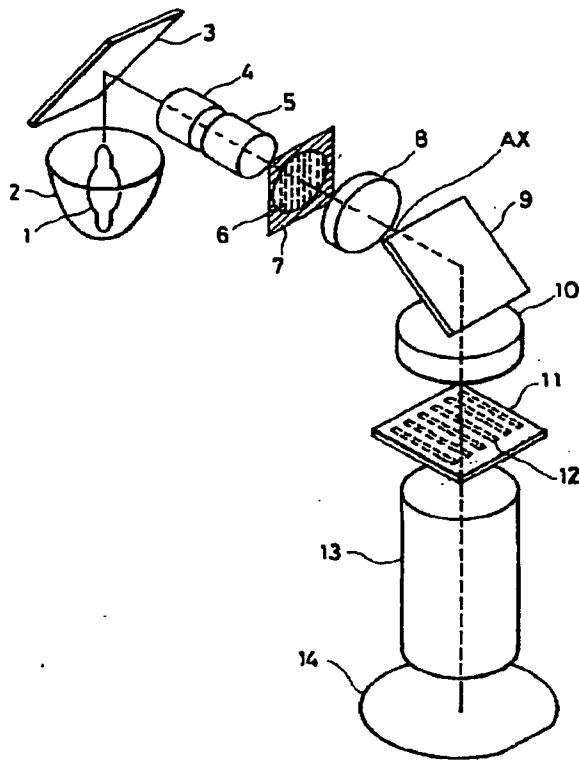
【図2】(A)、(B)は光源にレーザーを用いる場合の偏光部材について説明するための外面図である。

【図3】(A)～(D)は本発明の作用を説明するための概念図である。

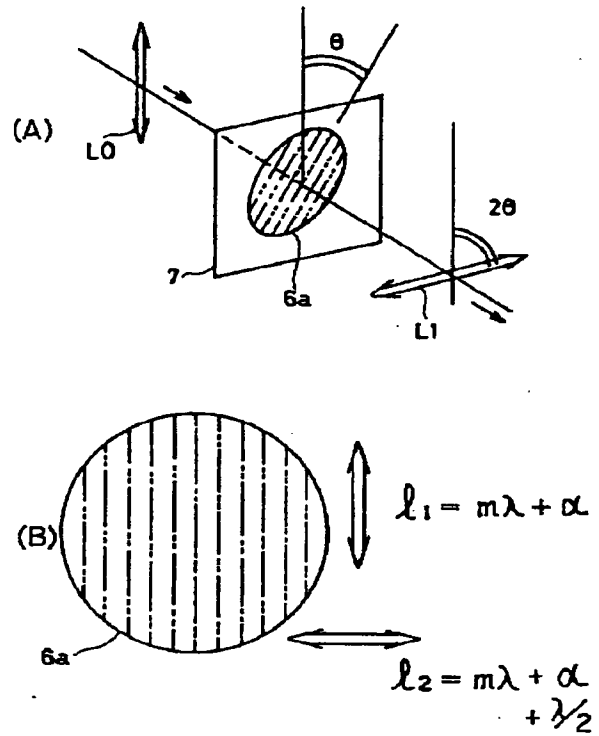
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 楕円鏡
- 3, 9 ミラー
- 4 集光レンズ
- 5 オプティカルインテグレーター
- 6 偏光板
- 6a 1/2波長板
- 7 支持具
- 8, 10 コンデンサーレンズ
- 11 フォトマスク(レチクル)
- 13 投影光学系
- 14 ウエハ

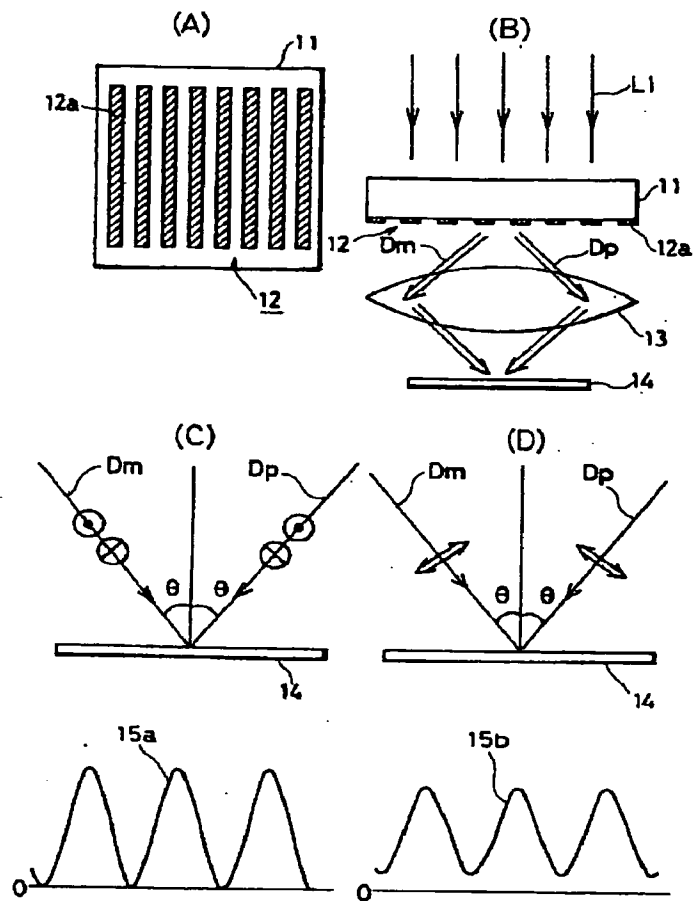
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号  
7352-4M

F I

H O I L 21/30

技術表示箇所

3 1 1 W

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The aligner characterized by having the polarization member which controls the polarization condition of the illumination-light bundle to said photo mask in the aligner which has the illumination-light study system which illuminates a photo mask.

[Claim 2] Said polarization member is the aligner of claim 1 characterized by being constituted with 1/2 wavelength plate or a quarter-wave length plate.

[Claim 3] The exposure approach characterized by controlling the polarization condition of the illumination light to said photo mask according to said pattern in the exposure approach which imprints the pattern formed in said photo mask by illuminating a photo mask on an induction substrate.

[Claim 4] The exposure approach characterized by using the phase shift mask which has the pattern which consists of the light transmission section and the phase shift section to which the phase member which changes the phase of the transmitted light to this light transmission section was added as said photo mask.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the exposure imprint technique of detailed patterns, such as a semiconductor integrated circuit pattern.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to carry out an exposure imprint at induction substrates, such as a wafer with which detailed patterns, such as a semiconductor integrated circuit pattern, were applied to the resist, transmitted illumination of the photo mask (it is also called a reticle) was carried out conventionally, and the approach of projecting a mask pattern on a wafer side has been performed. Under the present circumstances, when controlling the polarization condition of the illumination light by the conventional exposure approach positively was not performed but it used the strong laser light source of coherence, changing the linearly polarized light into the circular polarization of light or random polarization in order to reduce a speckle was extent currently made.

[0003] Moreover, recently, projection optics is made to intervene between a photo mask and induction substrates (wafer etc.), and although the approach of carrying out image formation projection (especially contraction projection) of the mask pattern to a wafer side is common, controlling the polarization condition of the illumination light on a pattern \*\*\*\*\* positive target also in this case is not performed.

[0004] On the other hand, the phase shift mask which added the phase member which changes the phase of the transmitted light to a part of light transmission section is known as a photo mask suitable for the imprint of a detailed pattern. If this phase shift mask is used, even if it is a common aligner, resolution and the depth of focus will improve.

[0005] For example, a projection aligner is used, and supposing the wafer side numerical aperture of projection optics is  $NA_w$  and exposure wavelength is  $\lambda$ , it is made [ that even the pattern of the detailed pitch of  $0.5 \lambda / NA_w$  is resolvable, and ] theoretic with the phase shift mask.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, even if it uses a projection aligner and a phase shift mask which were mentioned above, actual resolution (resolution which actually separates a resist pattern) is not so high as the resolution on a principle.

[0007] Since there is thickness in the resist applied to a wafer side as one of the cause of this, for resolving a resist layer, it is mentioned that the depth of focus only for that thickness is the need at worst, and various examination is made about this point.

[0008] However, in the conventional aligner, since the polarization condition of the illumination light other than the problem of the above-mentioned depth of focus is unsuitable (detail after-mentioned), there is an essential problem that the contrast of an image falls. With the equipment of a projection aligner especially with a big numerical aperture (NA), a contact mold, or a pro squeak tea mold, this problem becomes very serious.

[0009] This invention is made in view of this point, and aims at offering the aligner and the exposure approach of obtaining the image of high contrast of a detailed pattern by perceiving the polarization

condition of the illumination light which was not examined until now.

[0010]

[Means for Solving the Problem] The aligner by invention of claim 1 is equipped with the polarization member which controls the polarization condition of the illumination-light bundle to said photo mask, in order to have an illumination-light study system for illuminating a photo mask and to attain the above-mentioned technical problem.

[0011] Moreover, the exposure approach by invention of claim 3 controls the polarization condition of the illumination light to said photo mask according to said pattern, in order to face carrying out the exposure imprint of the pattern formed in the photo mask by illuminating a photo mask on an induction substrate and to attain the above-mentioned technical problem.

[0012]

[Function] An operation of this invention is explained with reference to drawing 3. Drawing 3 (A) It is the top view of the mask which has Rhine and the tooth-space pattern which were located in a line in the direction of a single dimension, and is drawing 3 (B). It is the optical-path Fig. showing signs that the illumination light  $L_i$  carries out incidence almost perpendicularly to the mask of (A), and image formation of the image is carried out to a wafer 14 by projection optics 13.

[0013] Here, it is drawing 3 (A). The shown mask 11 Supposing at least that of the spatial-frequency modulation mold arranged in the fixed pitch has phase member 12a to which only  $\pi(2m+1)$  ( $m$  is an integer) changes the phase of the transmitted light a phase shift mask (for example, indicated by JP,62-50811,B) Since each other is offset, the 0th diffracted-light comrade who penetrated the covering section and the non-covering section of phase member 12a, respectively is drawing 3 (B). The diffracted light which is set and is generated from a mask pattern 12 is mainly the +primary diffracted light  $D_p$ . - primary diffracted light  $D_m$  It becomes. It is condensed by projection optics 13, and the these 2 flux of light results in a wafer 14, and forms an interference fringe here. This interference fringe is drawing 3 (C). (D) They are the images 15a and 15b (shown as intensity distribution by a diagram) of the shown mask pattern 12.

[0014] The polarization direction of the illumination light  $L_i$  is considered at this time. Drawing 3 (C) The polarization direction (sense of an electric field vector) of the illumination light  $L_i$  is the conceptual diagram showing the situation of the image formation in the longitudinal direction of a perpendicular 12, i.e., a pattern, and the case (the so-called S polarization) of being parallel in space. In this case, it becomes perpendicular to the polarization direction mist poster side of each diffracted light (the primary [ \*\* ] diffracted light  $D_p$  and  $D_m$ ) generated from the pattern side of a photo mask. It sets on a wafer 14 and they are these two diffracted lights  $D_p$  and  $D_m$ . Amplitude addition (coherence addition) is carried out.

[0015] drawing 3 (C) \*\*\*\* -- the +primary light  $D_p$  and - primary light  $D_m$  Since the sense of an electric field vector is parallel, if 1, then the magnitude of the sum have 2 and the reverse sense, the magnitude of the sum will be set equal to 0 by both sense in magnitude. Therefore, on a wafer, contrast 100% image 15a which consists of maximum of 4 ( $=|2|2$  or  $|-2|2$ ) and the minimum value of 0 ( $=|0|2$ ) will be formed as reinforcement.

[0016] On the other hand, it is drawing 3 (D). It is a case (P polarization) with the polarization direction of the illumination light  $L_i$  parallel to space, therefore they are the primary [ \*\* ] diffracted light  $D_p$  and  $D_m$ . Plane of polarization is also parallel to space. Also in this case, it sets on a wafer 14 and they are the primary [ \*\* ] diffracted light  $D_p$  and  $D_m$ . Although amplitude addition is carried out, since both polarization direction is not parallel (it shifts from parallel only the twice of the incident angle  $\theta$ ), a different interference from the case ( drawing 3 (C)) of the image formation by S polarization is caused. Drawing 3 (D) The max of the absolute value of the amplitude sum which can be set is set to  $2\cos(es)\theta$ , and min is set to  $2\sin(s)\theta$ .

[0017] Therefore, strong max is  $4\cos(es)^2$ .  $\theta$  and min are  $4\sin(s)^2$ . It is set to  $\theta$  and is drawing 3 (C). Interference fringe 15b with contrast lower than a case arises. For example, if the page [ of a wafer / 14th ] incident angle  $\theta$  is 30 degrees,  $4 \times (3/2)^2 = 3$  and the minimum reinforcement will be set to  $4 \times (0.5)^2 = 1$  by the maximum reinforcement, and contrast will have only  $(3-1) / (3+1) = 50\%$ .

[0018] In actual exposure, the quantity of light in a photoresist poses a problem, and they are the primary [ \*\*] diffracted light  $D_p$  in a resist, and  $D_m$ . Since inclination  $\theta'$  becomes  $\sin\theta' = \sin\theta/n$  ( $n$  is the refractive index of a resist), if the refractive index  $n$  of a resist is 1.6, it will be set to  $\sin\theta' = 0.3125$  and  $\cos\theta' = 0.9499$  ( $\theta = 30$  degrees of incident angles). At this time, strong max is  $4x\cos^2\theta' = 3.609$  and min are  $4x\sin^2\theta' = 0.391$  and contrast is  $(3.609 - 0.391) / (3.609 + 0.391) = 80\%$ .

[0019] On the other hand, it is drawing 3 (C). In the case of the image formation by S polarization, naturally, the contrast of an image is 100% in a resist.

[0020] Therefore, when the patterns formed in the mask are Rhine and a tooth-space pattern, higher image contrast will be obtained by arranging the polarization direction (electric field vector) of the illumination light in the direction parallel to the longitudinal direction of a pattern. The aligner currently used conventionally enables it to raise the contrast of an image by controlling the illumination light according to a pattern, although image formation is carried out in the state of the average of S polarization and P polarization.

[0021] Although the location shift mask was used as a photo mask in drawing 3, the operation by which pattern formation was carried out only by the protection-from-light member which consists of chromium etc. and which was mentioned above even if it was usually a mask is the same, it is arranging the polarization direction of the illumination light in the direction parallel to the longitudinal direction of a pattern, and the contrast of an image increases. Moreover, even if it is the aligner of not only when performing image formation projection by projection optics, but a pro squeak tea method, improvement in contrast is achieved similarly.

[0022] And even if the effectiveness by controlling the polarization direction of the illumination light is the aligner of what kind of format, it is so large that the pattern which should be imprinted on a wafer is detailed. This is  $\sin^2\theta$ , when  $\theta$  in drawing becomes large with detailed-ization of a pattern in the example of drawing 3 and  $\theta$  (in fact  $\theta'$ ) becomes 45 degrees in the image formation by P polarization.  $\theta = \cos^2\theta'$  Considering that it is set to  $\theta$  and contrast is set to 0, it is clear.

[0023] In addition, in order to perform image formation by S polarization in a projection aligner, also controlling the polarization condition of the light which has arranged the polarization member to the Fourier transform side of projection optics, and penetrated the mask is considered, but when the illumination light is in the average condition of S polarization and P polarization, a polarization member will absorb one half of the quantity of lights of the illumination light, and the effect on the image-formation engine performance by endoergic [ of a polarization member ] poses a problem. For this reason, not the flux of light after mask transparency but the polarization condition of the illumination light shall be controlled by this invention.

[0024]

[Example] Drawing 1 is the block diagram of the aligner by the example of this invention, and has formed the polarizing plate 6 into the illumination-light study system in this example. In drawing, incidence of the illumination light emitted from the light source 1 of a mercury lamp etc. is carried out to a polarizing plate 6 through the ellipse mirror 2, a mirror 3, a condenser lens 4, and the optical integrator 5. It is supported by support 7 and this polarizing plate 6 is an optical axis  $A_x$ . Or it is pivotable considering a shaft parallel to it as a core. The motor (un-illustrating) formed on support 7 performs this rotation. Therefore, the illumination-light bundle which penetrates a polarizing plate 6 turns into the flux of light of the polarization direction (linearly polarized light) according to the hand of cut of this polarizing plate 6.

[0025] The flux of light which passed the polarizing plate 6 is led to condenser lenses 8 and 10 and a mirror 9, and illuminates the pattern (inferior surface of tongue) 12 on a photo mask (reticle) 11. It is condensed, and image formation of the transparency from a photo mask 11 and the diffracted light is carried out by projection optics 13, and they connect the image of a mask pattern 12 to a wafer 14. Under the present circumstances, since the linearly polarized light will be changed into elliptically polarized light when the mirror 9 in drawing 1 shifts from a perpendicular or the location which becomes parallel to the oscillating direction of the illumination light, it is necessary to care about this

point.

[0026] Here, the mask pattern 12 was used as the 1-dimensional Rhine ANDOHA pace pattern like illustration. In an actual semiconductor integrated circuit pattern, patterns are [ all ] single dimension Rhine and a tooth-space pattern, and directivity is not equal, and in the case of a memory circuit, a detailed pattern is about 1-dimensional Rhine and a tooth-space pattern, and the directivity is also an equal mostly in one mask, for example. Moreover, the dimension of patterns other than single dimension Rhine and a tooth-space pattern is large compared with Rhine and a tooth-space pattern.

[0027] Therefore, by arranging the polarization direction of the illumination light with the longitudinal direction of a mask pattern 12, and parallel with a polarizing plate 6, the contrast of detailed Rhine and a tooth-space pattern image can be improved, and detailed-ization of an integrated circuit is attained. Since whenever [ of a pattern / detailed ] is comparatively loose, even if polarization of the illumination light is not correctly optimized to the pattern except detailed single dimension Rhine and a tooth-space pattern, the falls of the contrast to produce are few.

[0028] Here, in drawing 1, although the light source 1 was used as the mercury lamp, they may be other lamps and laser light sources. When especially the light source is the laser which injects the linearly polarized light or the circular polarization of light, 1/2 wavelength plate and a quarter-wave length plate can be used as a member for controlling a polarization condition.

[0029] Drawing 2 (A) It is the explanatory view showing the example of the polarization member in the case of using laser as the light source. In drawing, incidence of the incident light L0 (flux of light from the light source) which is the linearly polarized light (the polarization direction is the space vertical direction) is carried out to 1/2 wavelength-plate 6a. At this time, it is [ the criteria shaft orientations (two-dot chain line in drawing) of 1/2 wavelength-plate 6a, and ] incident light L0. Only in theta, the polarization direction shall lean. Consequently, injection light L1 The polarization direction is incident light L0. It becomes that to which only 2theta inclined to the polarization direction. Therefore, it is the injection light L1 by rotating 1/2 wavelength-plate 6a in a field perpendicular to the illumination light with a holder 7. The polarization direction can be set up in the direction of arbitration.

[0030] In addition, the reference axis of 1/2 wavelength-plate 6a is drawing 2 (B). To the transmitted light of the polarization direction parallel to a reference axis (two-dot chain line), the optical-path-length difference of  $l1 = m \lambda + \alpha$  was given, and it considered as the shaft which gives the optical path length of  $l2 = m \lambda + \alpha + \lambda / 2 = l1 + \lambda / 2$  to the transmitted light of the perpendicular polarization direction so that it might be shown.

[0031] When the light emitted from the light source is not the linearly polarized light but the circular polarization of light, the polarization direction of injection light can be similarly controlled with drawing 2 having explained by using a quarter-wave length plate instead of 1/2 wavelength plate. In this case, the flux of light injected serves as the linearly polarized light according to the rotation location direction of a quarter-wave length plate.

[0032] As mentioned above, if 1/2 wavelength plate and a quarter-wave length plate are used as a polarization member using the laser which injects the linearly polarized light or the circular polarization of light as the light source, without losing the quantity of light from the light source, the polarization direction can be changed in the optimal direction and it can lead to a mask. On the other hand, since the quantity of light after polarization member passage becomes half theoretically when a lamp is used as the light source (when the light of an unpolarized light condition is emitted from the light source), it is necessary to care about this point.

[0033] In addition, when using a quarter-wave length plate and 1/2 wavelength plate as a polarization member, as for incoming beams, it is desirable that it is close to the parallel flux of light. Therefore, a quarter-wave length plate and 1/2 wavelength plate are not after optical integrator 5 injection in drawing 1, for example, it is desirable to set to a light source (laser light source) side from a relay lens 4. This arrangement may be applied to the case where the light source of a mercury lamp etc. is used.

[0034]

[Effect of the Invention] Since the polarization condition of the illumination light is controlled in this invention according to a mask pattern, especially detailed single dimension Rhine, and a tooth-space

pattern like above, the coherence of the diffracted light from a pattern formation side increases, and it becomes possible to imprint the image of the detailed pattern of very high contrast on an induction substrate. Under the present circumstances, if a phase shift mask is used, the contrast of an image can be raised further. Moreover, if it faces controlling the polarization condition of the illumination light,  $1/2$  or a quarter-wave length plate is used as a polarization member and laser is used as the light source, the amount of illumination light will not be lost.

---

[Translation done.]

